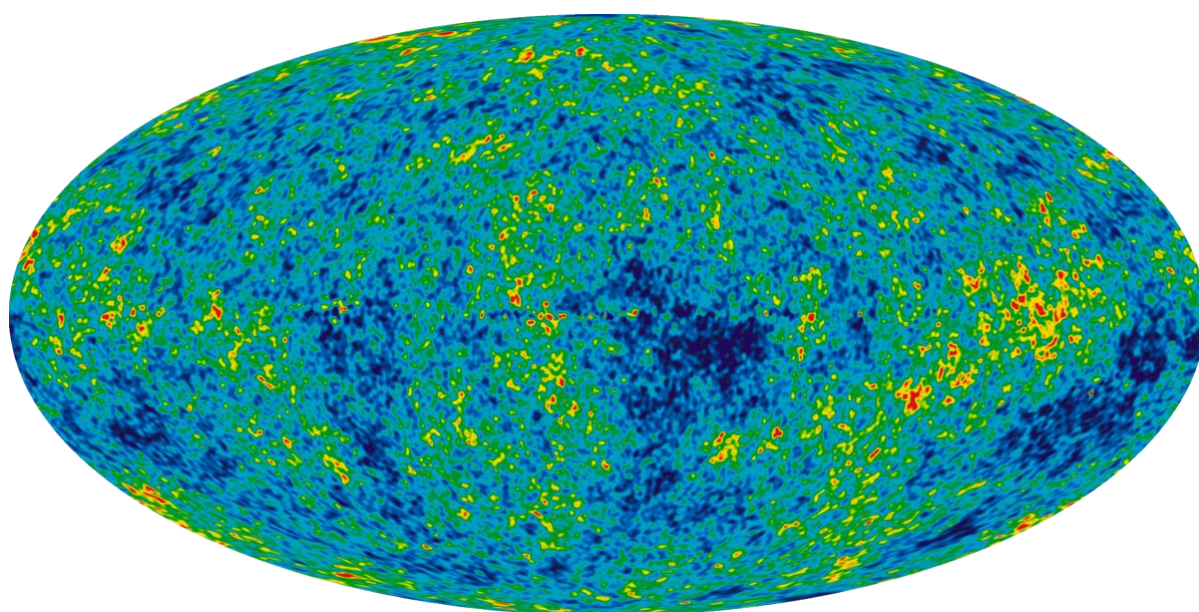


Záření kosmického prostoru

Václav Dostál



OBSAH

Úvod	3
Záření kosmického prostoru	4
Kosmické neutrinové pozadí	5
Mikrovlnné záření kosmického pozadí	6
Infračervené záření kosmického pozadí	7
Charakter CIB a jiných druhů záření kosmického pozadí	8
Kosmické optické pozadí	9
RTG záření kosmického pozadí	10
Gama záření kosmického pozadí	10
Závěr;	11

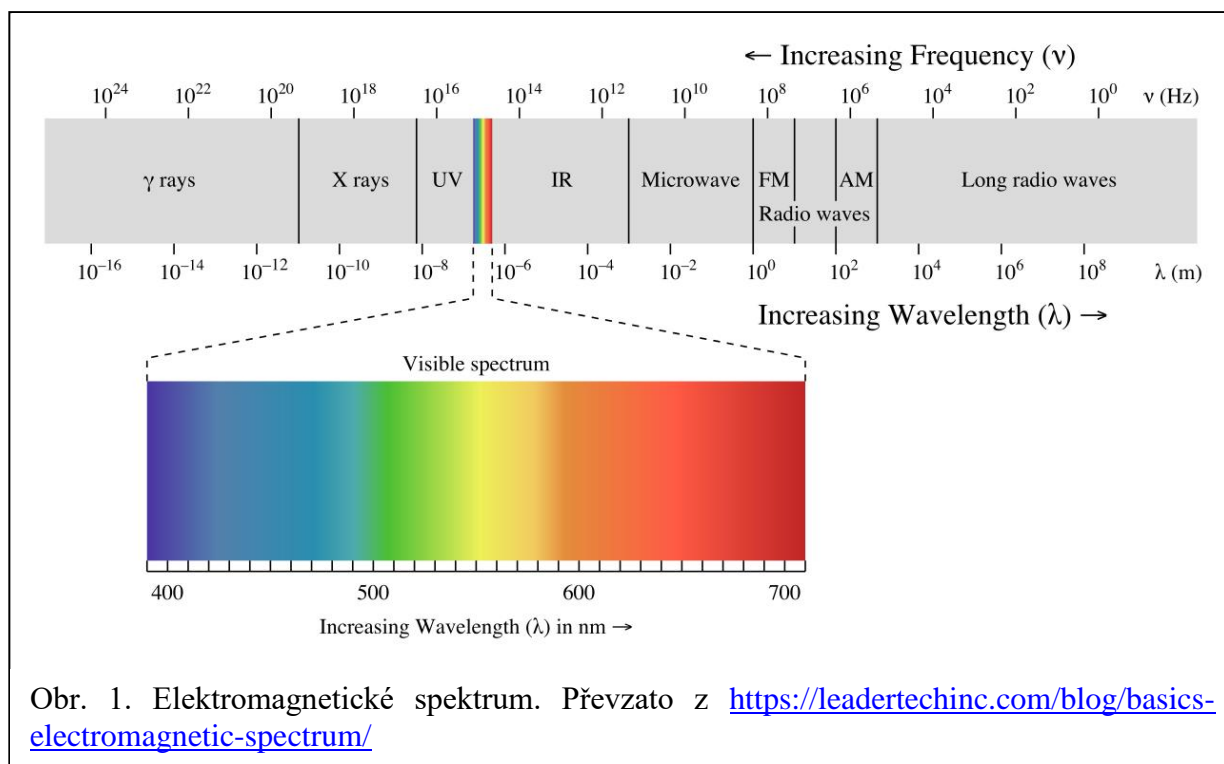
Úvod

Nejvíce přijímané vysvětlení vzniku našeho vesmíru je teorie (nebo model) velkého třesku. Tato teorie je podporována existencí mikrovlnného záření kosmického pozadí (CMB), které je považováno za pozůstatek = relikv velkého třesku a proto někdy bývá nazýváno relikvní záření. Někdy to vypadá tak, jako by tímto zářením zářila jen místa, která jsou nejvzdálenější, ale to odporuje tvrzení o přiletu ze **všech** stran – tedy z blízkých míst, stejně jako i z dalekých. Řeč o relikvu nevysvětluje současný zdroj, jaká entita toto záření vysílá **nyňí**. Z popisu o chladnutí vesmíru se dá odvodit, že tím nynějším „zdrojem“ je samotný „vesmír“ neboli kosmický prostor.

Dá se říct, že kosmický prostor se skládá z kosmického popředí a z kosmického pozadí. Do pojmu „kosmické popředí“ patří všechno to, co brání pohledu a zkoumání kosmického pozadí. Výrazným příkladem kosmického popředí je atmosféra Země. Vliv tohoto prostředí můžeme v současnosti velmi významně omezit – pozorováním kosmickými dalekohledy. Ale i pak z „obrazu“ kosmického prostoru musíme také „vymazat“ naši Galaxii, která přezářuje to, co září mimo ni.

Jak vyplývá z „definice“ kosmického pozadí, nepatří do něj hvězdy, kvasary, blazary, galaxie a jiné velké zářící objekty. Bohužel se ale do kosmického „pozadí“ ve většině případů zahrnuje mezgalaktický prach. Z většiny záření pozadí je vyjmuto CMB, u něhož se vliv – příspěvek k tomuto záření – mezgalaktického látkového prostředí neuvažuje. To také uvidíme níže, u jednotlivých druhů záření kosmického pozadí.

Jak je naznačeno v předchozí větě, kosmický prostor září na mnoha frekvencích (či vlnových délkách), nejen v mikrovlnné oblasti.



Obr. 1. Elektromagnetické spektrum. Převzato z <https://leadertechinc.com/blog/basics-electromagnetic-spectrum/>

Záření kosmického prostoru

Záření kosmického prostoru můžeme popsat jako „záření kosmického pozadí“ nebo jako „světlo mimogalaktického pozadí.“

Kosmické pozadí je v https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_background_radiation popsáno takto:

*„Kosmické záření pozadí je elektromagnetické záření z **velkého třesku**. Původ záření závisí na oblasti spektra, které je pozorováno. Jednou složkou je kosmické mikrovlnné pozadí. Tato složka jsou rudě posunuté fotony, které volně proudily z epochy, kdy se vesmír stával poprvé průhledným pro záření. Jeho objev a detailní pozorování jeho vlastností je považováno za hlavní potvrzení velkého třesku.*

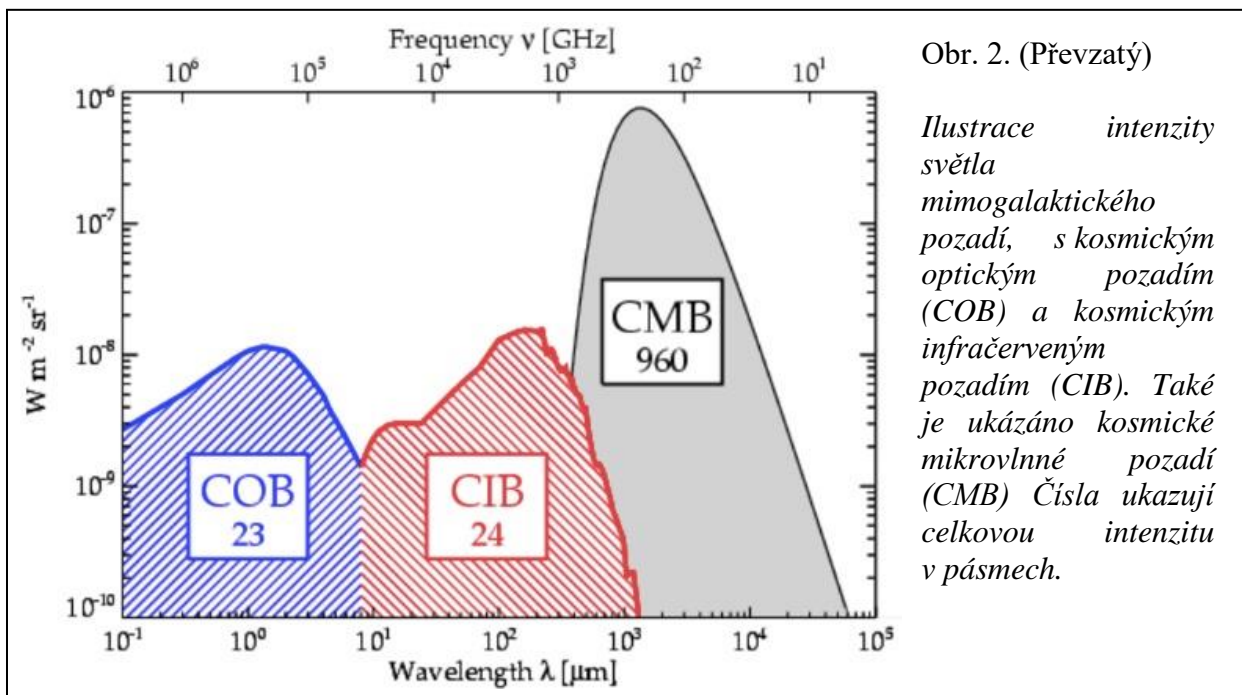
Existuje také záření pozadí v infračervené, RTG, atd. o různých příčinách a může být někdy řešeno jednotlivými zdroji. Viz také [cosmic neutrino background](#) a [extragalactic background light](#).“

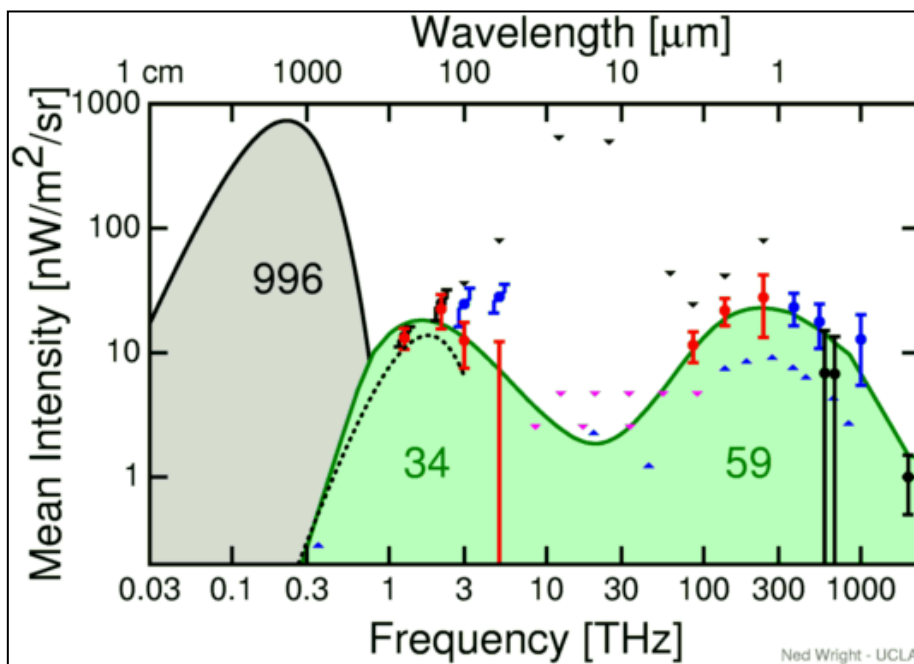
Mimogalaktické světlo je v https://en.wikipedia.org/wiki/Extragalactic_background_light popsáno:

*„Difúzní mimogalaktické světlo pozadí (EBL) je veškeré akumulované záření ve vesmíru následkem procesů **tvorby hvězd** plus příspěvek z aktivních galaktických jader (AGNs). Toto záření pokrývá téměř všechny vlnové délky elektromagnetického spektra kromě mikrovlnného, pokrytého kosmickým mikrovlnným zářením. EBL je částí mimogalaktického záření pozadí (DEBRA), které podle definice pokrývá veškeré elektromagnetické spektrum. Po kosmickém mikrovlnném pozadí EBL produkuje druhé nejenergetičtější difúzní pozadí., a tak je podstatné pro porozumění úplné energetické rovnováhy ve vesmíru.“*

Porovnáním obou „definic“ vidíme, že jde v podstatě o totéž, o záření kosmického prostoru s výjimkou CMB. Mikrovlnné pozadí je vyjmutu pravděpodobně proto, že se u něj původ velkým třeskem zdůrazňuje, kdežto u jiných záření kosmického pozadí uvádí spíše opatrně. Důvod dvojího pojmenování téhož jevu („kosmické záření pozadí“, „mimogalaktické světlo pozadí“) je nejasný. Možná se ovšem „někdo“ snaží z vědy „udělat vědu.“

První zdroj obsahuje obr. 2, jiný zdroj (<http://www.astro.ucla.edu/~wright/CIBR/>) pak obr. 3. Přitom obr. 3. je přibližně zrcadlovým obrazem obrázku 2.





Obr. 3. (Převzatý z <http://www.astro.ucla.edu/~wright/CIBR/>). Závislost intenzity kosmického záření na vlnové délce (na frekvenci). Je to zrcadlový obraz předchozího obrázku s nevelkými rozdíly.

Oba obrázky uvádějí tři různá záření kosmického pozadí: CMB (kosmické mikrovlnné pozadí), CIB (kosmické infračervené pozadí) a COB (kosmické optické pozadí). Je zajímavé, že hranice mezi CMB a CIB je šikmá (v prvním případě „hrbolatá“, v druhém „hladká“). Jak vidíme na obr. 1., hranice mezi jednotlivými zářeními jsme si definovali podle frekvence (vlnové délky). Co znamená šikmá hranice mezi CMB a CIB v obr. 2. a 3.? Intenzity nad asi $10 \text{ nW/m}^2/\text{sr}$ u obr. 3. (nebo nad $10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{sr}$ u obr. 2., což „sedí“) přísluší CMB, kdežto snižující se intenzity pod touto hranicí (až k $10^{-10} \text{ W/m}^2/\text{sr}$ při frekvenci od asi 0,3 do asi 3 THz) – přísluší CIB?

Jinak řečeno, CMB a CIB se v oblasti asi od 0,3 THz až asi k 1 THz překrývají. Proč se při překrývající intenzitě přisuzuje různý původ – u CMB přímo z velkého třesku, u CIB remise mezigalaktickým prachem? Navíc ten původ absolutně různý není.

Kosmické neutrinové pozadí

Podle https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_neutrino_background: „Kosmické neutrinové pozadí (CNB, CvB) je vesmírné částicové záření pozadí, složené z neutrin. Ta jsou někdy nazývána **reliktními neutrinami**.“

CvB je **reliktem** velkého třesku, zatímco mikrovlnné kosmické pozadí (CMB) se datuje z doby, kdy byl vesmír 379 000 let starý, CvB se rozpojilo (oddělilo) od hmoty/látky když vesmír byl jen **jednu sekundu** starý. Odhaduje se, že současné CvB má teplotu zhruba 1,95 K.“

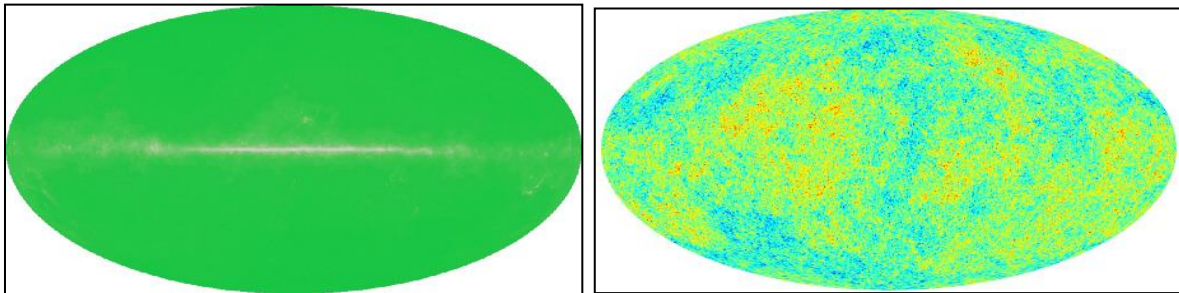
Přesto, že „CvB je **reliktem** velkého třesku“, **nenazývá se reliktním!** Proč? Že CvB je starší než CMB a že je možná jeho původcem se v dané části wikipedie píše o něco níže:

„**Nepřímé důkazy pro fázové přeměny na CMB:** Kosmologie velkého třesku dělá mnoho předpovědí o CvB a existují velmi silné nepřímé důkazy, že kosmické neutrinové pozadí existuje, z předpovědi přebytku hélia u nukleosyntézy velkého třesku a z **anizotropií**“

kosmického mikrovlnného záření. Jednou z těchto předpovědí je, že neutrino opustí subtilní otisk/pečeť kosmického mikrovlnného pozadí (CMB). Je dobře známo, že CMB má nepravidelnosti. Některé z fluktuací CMB byly zhruba pravidelně rozloženy kvůli účinku byryonové akustické oscilace. V teorii oddělená neutrina by měla velmi mírný účinek na fázi různých fluktuací CMB.“

Tím předpokladem původu CMB z CvB ovšem vlastně také tvrdíme, že **oba** druhy pozadí jsou reliktní!

Mikrovlnné záření kosmického pozadí (CMB)



Obr. 4. Vlevo: První měření CMB v 60. letech A. Pensiazem a R. Wilsonem, Vpravo: Dosud nejpresnější měření provedené družicí Planck (2009).
Převzato z <http://planck.cf.ac.uk/science/cmb>

https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_microwave_background [zvýraznění dodáno, výběr]:

„Kosmické mikrovlnné pozadí (CMB, CMBR) je elektromagnetické záření jako zůstatek z raného stavu vesmíru v kosmologii velkého třesku. Ve starší literatuře je různě známo jako mikrovlnné záření kosmického pozadí (CMBR) nebo „reliktní záření.“ CMB je slabé záření kosmického pozadí, zaplňující **veškerý** prostor, které je důležitým zdrojem dat o raném vesmíru, protože to je **nejstarší** elektromagnetické záření ve vesmíru, datující se z epochy rekombinace. Pomocí tradičních optických dalekohledů je **prostor mezi hvězdami a galaxiemi (pozadí)** zcela temný. Ovšem dostatečně citlivé **rádio-dalekohledy** ukazují slabý šum (žhnutí) pozadí, téměř izotopické, který **není** spojen se žádnou hvězdou, galaxií nebo jiným objektem.

Jak se vesmír rozpínal, zaplňovaný plazmatem a zářením, stával se chladnějším... krátce po rekombinační éře, když fotony začaly cestovat volně prostorem... **Expanze prostoru způsobovala růst jejich vlnové délky.** ...

CMB má tepelné spektrum černého tělesa o teplotě 2.72548 ± 0.00057 K

Rysy. Mikrovlnné záření kosmického pozadí je emise jednotné energie černého tělesa, přicházející ze **všech částí oblohy.** (Viz obr. 4).

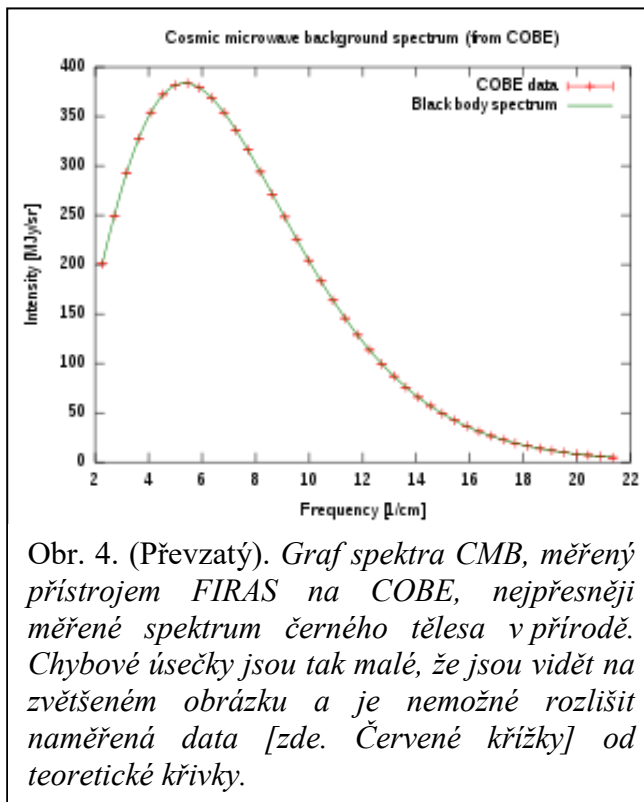
Ve zde prvním citovaném odstavci jsem zvýraznil slova, určující, že CMB přilétá ze **všech mezigalaktických** míst kosmu (tedy dalekých i blízkých) a že pod pojmem „pozadí“ bychom měli rozumět prostor **mezi** galaxiemi a hvězdami. To by mělo platit nejen u CMB, ale také u jiných záření kosmického pozadí. A ne u některých uvažovat příspěvek k záření tohoto pozadí od galaxií (či jejich aktivních jader). V tom případě ovšem nastane problém, jak vliv galaxií (či jiných objektů) „vymazat.“

V druhém citovaném odstavci jsem zvýraznil celou větu – protože je nesmyslná. Jestliže budeme uvažovat mezigalaktický prostor jako prázdný – jak se standardně tvrdí proti námitce nárůstu hmotnosti až nad jakoukoli mez (nad „nekonečno“) – pak prázdný prostor, neobsahující vůbec **nic** se svým rozpínáním nemůže stávat ještě prázdnějším a obsahovat **míň a méně** než nic. Navíc bychom onu prázdnotu měli uvažovat i mezi jednotlivými hvězdami každé galaxie a také uvnitř atomů, které ty hvězdy tvoří!

Úvaha o zrychlující se rozpínání vesmíru nebo prostoru, zejména při fázi inflace, uvažující, že ten vesmír či prostor není prázdný (nýbrž tvořený kvantovým vakuem, které má do prázdnoty hodně daleko) zavádí (ovšem mimochodem) růst hmotnosti daného hmotného prostoru až daleko nade všechny meze.

Prázdnota (navíc čím dál prázdnější) **nemůže** reálně či fyzikálně „natahovat“ vlnovou délku fotonů (které – údajně – volně létají vesmírem – už údajně od doby rekombinace a zprůhlednění vesmíru). Ani pro kosmický prostor tvořený kvantovým vakuem se nedá uvažovat, že by ty fotony skutečně „natahoval“ (z původně velmi krátkých, např. optických či gama, dělal třeba mikrovlny).

Nicméně *CMB má tepelné spektrum černého tělesa*. Viz znovu obr. 4. je zřejmé, že výšku maxima můžeme ovlivnit volbou měřítka intenzity (na svislé ose). Neměli bychom to ovšem dělat při porovnávání křivek pro různé teploty černého tělesa.



Obr. 4. (Převzatý). Graf spektra CMB, měřený přístrojem FIRAS na COBE, nejpřesněji měřené spektrum černého tělesa v přírodě. Chybové úsečky jsou tak malé, že jsou vidět na zvětšeném obrázku a je nemožné rozlišit naměřená data [zde. Červené křížky] od teoretické křivky.

Infračervené záření kosmického pozadí (CIB)

V popisu tohoto záření je – podobně jako u jiných druhů kosmického záření a na rozdíl od CMB – do „pozadí“ zahrnováno záření galaxií a mezigalaktického prachu. Ale ne vždy.

V <http://www.astro.ucla.edu/~wright/CIBR/> se píše: „*Kosmické infračervené pozadí (CIBR) je záření z hvězd v mnoha slabých galaxiích. Je to zbytek po odnětí (odstranění) emise z naší sluneční soustavy a naší Galaxie.*“ Záření jiných galaxií **není** odňato. Jsou samotné galaxie „pozadí“?

Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Cosmic_infrared_background) udává: „*Kosmické infračervené pozadí je infračervené záření způsobené hvězdným prachem.*“ Ale také: „*Jednou z nejdůležitějších otázek o CIB je zdroj jeho energie. V raných modelech CIB bylo vybudováno z rudě posunutých spekter galaxií nacházejících se v našem kosmickém sousedství. Ovšem tyto jednoduché modely nemohou reprodukovat rysy CIB.*“ Světlo vzdálenějších galaxií je rudě posunuto více, možná až moc!

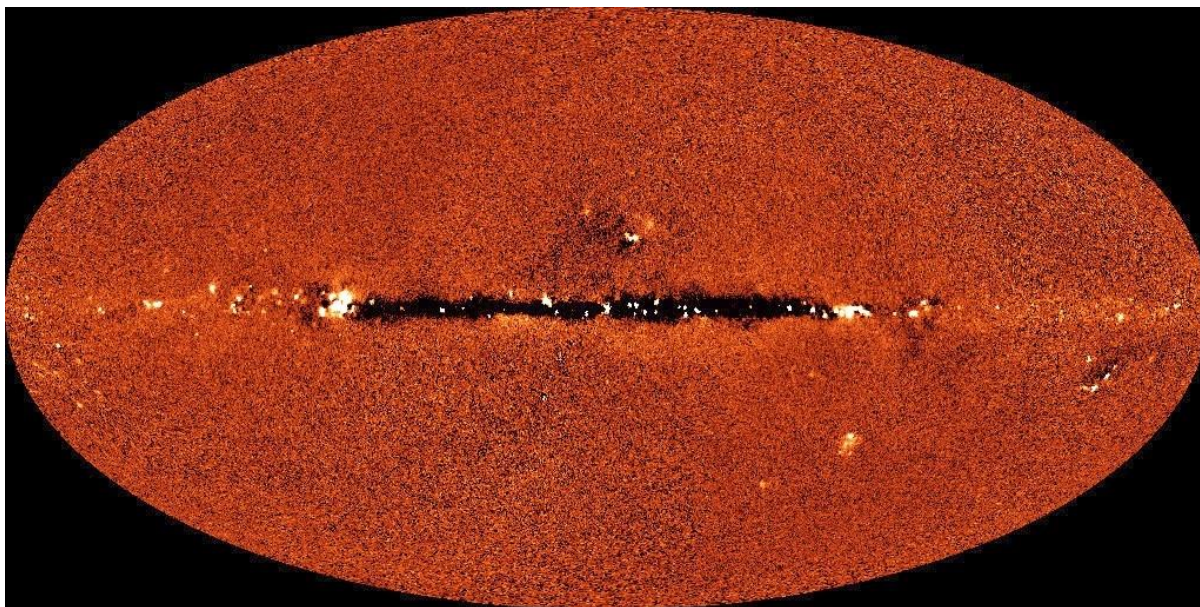
Následuje: „*Jinou důležitou složkou CIB je emise kvasarů. V těchto systémech většina gravitační potenciální energie hmoty padající do centrální černé díry je přeměněna na RTG paprsky, které by mohly uniknout, kdyby nebyly absorbovány prachovým toroidem akrečního disku.*“ Jenže RTG záření vychází ze **středu** toroidu akrečního disku černé díry **kolmo** na disk, v dosti **úzkém** svazku. Jak by mohlo být prachem toho akrečního disku absorbováno?

<http://planck.cf.ac.uk/results/cosmic-infrared-background> píše: „*Sonda Planck kromě pozorování kosmického mikrovlnného pozadí také měřila jiné difúzní záření: kosmické infračervené pozadí (CIB). To je emitované galaxiemi v raném vesmíru, ale protože jsou tak daleko, jsou Planckem viděny rozostřené.*“

Původ CIB z raných objektů v raném vesmíru také uvádí <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/InfraredAstronomy/ch10s05.html>: „*CIB je*

reliktní záření historie tvorby hvězd a galaxií a tudíž je důležité pro studium tvorby/vývoje galaxií.“

Na tomto místě je nutno připomenout, že rané objekty byly podle standardu hodně **žhavé** a tudíž vysílaly záření s daleko kratší vlnovou délkou než IČ. Mohla by ovšem vzniknout námitka, že fotony se rozpínáním prostoru „natáhly“ Tuto myšlenku jsem vyvrátil výše. Navíc, proč by se přitom rozpínání původní vlnové délky\ nemohly posunout až do mikrovlnné oblasti? Nebo ještě více?



Obr. 5. CIB. Převzato z <https://sciencesprings.wordpress.com/2014/11/06/from-nasa-nasa-rocket-experiment-finds-the-universe-brighter-than-we-thought/cosmic-infrared-background/>. Je vřimuto záření naší Galaxie (ve střední části obr.).

Charakter CIB a jiných druhů záření kosmického pozadí

Důkladný rozbor CIB najdeme v článku kolektivu autorů „Nová měření fluktuací kosmického infračerveného pozadí...“ (<http://arxiv.org/pdf/1201.5617v2.pdf>). Už samotný název článku prozrazuje, že CIB vykazuje malé změny zvané fluktuace. V článku se několikrát opakuje, že toto záření popř. jeho fluktuace mají mimogalaktický původ, což se zdá být nadbytečné, když článek pojednává právě o tomto. Podle mého soudu je toto opakování zapotřebí, neboť **není** tak samozřejmé, že kosmické pozadí, „prostor“ **sám o sobě září** také infračerveně.

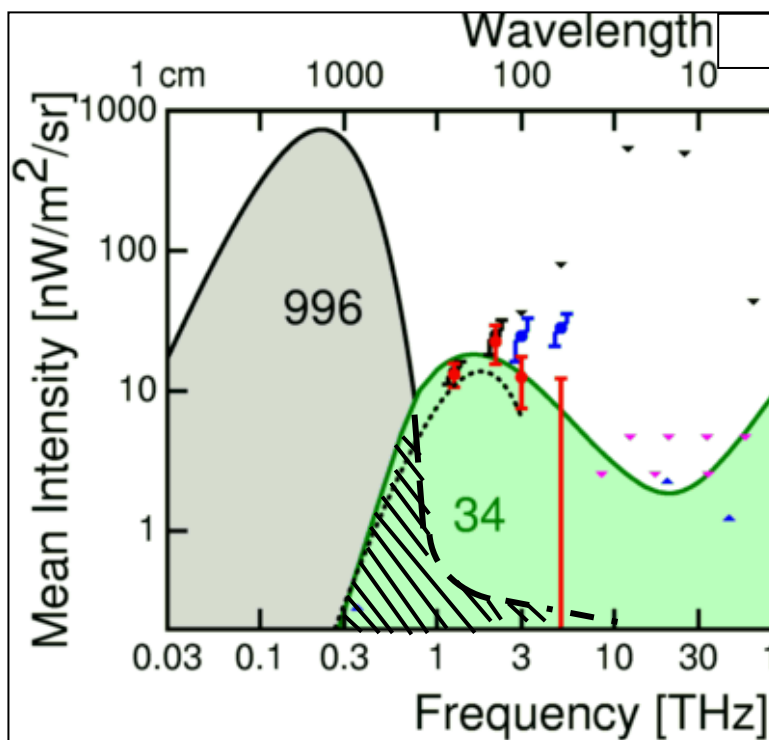
Jde o skutečnost, že **oba** druhy záření vykazují fluktuace, avšak CIB (a jiné druhy zářením prostoru) asi nemají charakter záření černého tělesa. Ovšem u CIB to nikdo nezkoumal a jiná záření nejsou tak podrobně probádaná nebo dokonce jsou záhadou. To znamená, že jiné druhy záření kosmického pozadí není nerozumné považovat je za velmi podobná CMB.

Velkou podobnost CIB s CMB bych doložil následovně. Podívejme se znovu na obr. 2., jehož část jsem vložil zde. Je záření v překrývající se části CMB nebo CIB. Podle originálního vybarvení jde o CIB. Moje prodloužení čárkovanou čarou zjednodušeně sleduje tvar křivky dle obr. 4., tedy křivky černého tělesa, která charakterizuje CMB. Podle toho by vyšrafovaná oblast náležela CMB.

Je určitý problém, co termín „kosmické pozadí“ znamená. Upřesněme jej asi takto: Jde o záření kosmického **prostoru** – tedy všech kosmických míst, i těch, v nichž se nenachází žádné galaxie, natož jejich shluky. Tyto lokality se dosud nazývají „prázdnoty“ – „voids“. Nemůžeme ovšem tvrdit, že nezáří „prázdný“ prostor mezi

jednotlivými hvězdami a mezi rameny (spirálních) galaxií! Předpoklad, že všechna tato místa září a na různých vlnových délkách se jeví rozumný. Proč do tohoto zření „cpát“ záření hvězd? „Vymazání“ jejich vlivu je naopak jistou podmínkou pro označení „pozadí.“

Pravé CIB – záření **pozadí** – tedy musíme oddělit od IČ záření všech kosmických objektů. Dále se musí vyloučit tzv. zvířetníkové světlo a tzv. bludné světlo přístrojů.



Část obr. 2 znovu, se mnou vyšrafovanou oblastí, kde se překrývá CMB (šedé pole) s CIB (zelené pole). Jestliže má záření v této oblasti charakter záření černého tělesa, pak to platí nejen pro CMB, ale i pro CIB.

Kosmické optické pozadí (COB)

Cituji <https://www.nature.com/articles/ncomms15003>: „Kosmické optické pozadí (COB) je sečtená emise ze všech zdrojů vně naší Galaxie Mléčná dráha, emitované na vlnových délkách viditelných lidskými očima. Je to silně diagnostická emise ze známých astrofyzikálních procesů v galaxiích, včetně hvězdné **nukleosyntézy**, akrece hmoty do černých děr a gravitačního kolapsu hvězd.“

Záření z nukleosyntézy se nazývá záření hvězd a ne záření kosmického pozadí. Při (údajné) akreci hmoty do černé díry vzniká RTG záření (kolmé na ten disk) a ne optické záření!

Jak ovšem odlišit záření mezigalaktického prostoru v optické oblasti od záření hvězd v galaxiích na „okrajích“ onoho mezigalaktického prostoru, to bude velký problém. Ještě horší bude rozlišení záření kosmického prostoru mezi hvězdami od záření těch hvězd! Z těchto důvodů bych doporučil COB z druhů záření kosmického pozadí vyjmout! Nijak tím ovšem netvrdím, že samotný kosmický prostor nezáří i v optické oblasti! Toto záření však bude velice slaboučké. Vždyť v optické oblasti mezi galaxiemi vidíme tmu!

Své doporučení podpořím citátem z <https://www.noao.edu/meetings/decam/media/Day1-DECamTalks/ScienceTalk2-NobuyukiIenaka-DECamCommWshop-Aug2011.pdf>:

„Emise popředí:

- záření zemské atmosféry: atmosférická emise $> 1,000 I_{COB}$
- zodiakální světlo: rozptýlené sluneční světlo meziplanetárním prachem $> 100 I_{COB}$
- galaktické hvězdy: může být řešeno hlubokým zobrazením $> 30 I_{COB}$
- Difúzní galaktické světlo: rozptýlené světlo hvězd meziplanetárním prachem $> I_{COB}$ “

Tuto emisi musíme (a nejen u COB, ale vždy!) vyjmout! Největší problém bude s „vymazáním“ rozptýleného světla meziplanetárním prachem.

RTG záření kosmického pozadí (XRB)

<https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Fabian/Fabian1.html>:

„XRB může sondovat epochy, v nichž byly tvořeny velkorozměrové strukturní nehomogenity.

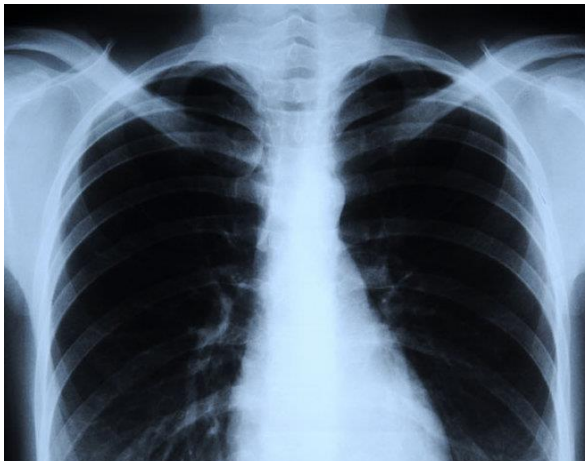
Difúzní původ? [Felten & Morrison \(1966\)](#) navrhli, že XRB může být důsledek inverzního Comptonova rozptylu fotonů CMB mezegalaktickými elektrony. [Hoyle \(1963\)](#) navrhl, že XRB bylo tepelné brzdné záření z horkého mezegalaktického prostředí, vytvořené rozpadem neutronů v kosmologii ustáleného stavu.

Nová třída zdrojů. Silným kandidátem byly výbuchy v galaxiích Supernovy nebo RTG bináry v mladých hvězdotvorných galaxiích mohou produkovat velké množství RTG emise.

Hlavními problémy hypotézy výbuchů hvězd byl nejistý vývoj...

Snad nejlepším kandidátem byla raná fáze života AGN.

Shrnutí a budoucí práce. Existují tři pozorovaná „držadla“, jimiž identifikujeme původ XRB spektra... Dosud **nevedou** k jasnému tvrzení o původu, ačkoli několik tříd objektů je vyloučeno a několik jiných je nepravděpodobných.“



Obr. 7. Známy RTG snímek.

Převzato z:

<https://www.google.cz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fimg.purch.com%2Fw%2F660%2FaHR0cDovL3d3dy5saXZlc2NpZW5jZS5jb20vaW1hZ2VzL2kvMDAwLzA1MC8zOTAvb3JpZ2luYWwvY2hlc3QteHJheS0xMTEwMjYtMDIuanBn&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.livescience.com%2F32344-what-are-x-rays.html&docid=vdNTC1eDyhlyQM&tbid=EvARDqQiUJP2TM%3A&vet=12ahUKEwji-vyiqKLgAhVJbVAKHWI9B8A4ZBAzKDIwMnoECAEQNA..i&w=660&h=521&bih=969&biw=1920&q=Cosmic%20Gamma-ray%20Background%20Radiation%20obr%C3%A1zky&ved=2ahUKEwji-vyiqKLgAhVJbVAKHWI9B8A4ZBAzKDIwMnoECAEQNA&iact=mrc&uact=8>

Gama záření kosmického pozadí

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10821264>: „Vesmír je zaplněn difúzním gama zářením, jehož původ zůstává jednou neřešených **záhad** kosmologie. Méně než čtvrtina toku gama paprsků může být připsána **neurčeným** diskrétním zdrojům, jako jsou aktivní jádra galaxií; zbytek se jeví vytvářen **pravým** difúzním pozadím.“

Avšak <https://arxiv.org/abs/1412.3886> píše: „Ačkoli původ gama záření kosmického pozadí byl záhadou po dlouhý čas, Fermiho kosmický gama dalekohled jej nedávno změřil v rozsahu 0.1-820 GeV a odhalil, že gama záření kosmického pozadí je složeno ze [záření z] blazarů, rádio-galaxií a hvězdotvorných galaxií.“

Závěr

Snaha přiřknout záření nějakým tělesům je přímo zoufalá. Jako by nemohl zářit samotný „prostor.“

Níže uvedené články ukazují, že světlo (EM záření) může vzniknout „přímo“ z vakua:

1. <https://www.scientificamerican.com/article/something-from-nothing-vacuum-can-yield-flashes-of-light/>
2. <https://www.technologyreview.com/s/424111/first-observation-of-the-dynamical-casimir-effect/>
3. [Nonperturbative dynamical Casimir effect in optomechanical systems: Vacuum Casimir-Rabi splittings.](#)
4. https://www.nature.com/articles/nature10561.epdf?referrer_access_token=L7cr-uaBlr3fC4b9eF8E_tRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0OQ-2LD6WTlh9Wm3Ag8yBXXD8tZ--

Světlo z vakua vzniká pomocí dynamického Casimirova jevu (DCE) Podklad najdeme také např. v <https://phys.org/news/2011-11-scientists-vacuum.html>: „Chalmerští věci, Christopher Wilson a jeho spolupracovníci, uspěli v získávání fotonů, opouštějících svůj virtuální stav a stávající se **reálnými** fotony, tj. **měřitelným** světlem. ... Zrcadlo se skládá z kvantové elektronické složky, popisované jako SQUID (Superconducting quantum interference device), které je mimořádně citlivé na magnetická pole. ... „Výsledkem bylo, že fotony se **objevily** v párech z vakua, které jsme byli schopni **měřit** ve formě mikrovlnného záření, říká Per Delsing.“

Je zřejmé, že rozhraní, „kovové zrcadlo“ **není** zdrojem virtuálních nebo/a reálných fotonů, ale že pouze tyto fotony odráží. A kde ty fotony vznikají? No přece v kvantovém **vakuu**! Je to vlastnost toho vakua.

O dynamickém Casimirovu jevu více viz http://vaclavdostal.8u.cz/vznik_dce.pdf

